

Aula 02

DSc. Eng. Samuel Moreira Duarte Santos
Engenheiro Mecânico
CREA MG 106478D

Rio de Janeiro, 12 de abril 2023

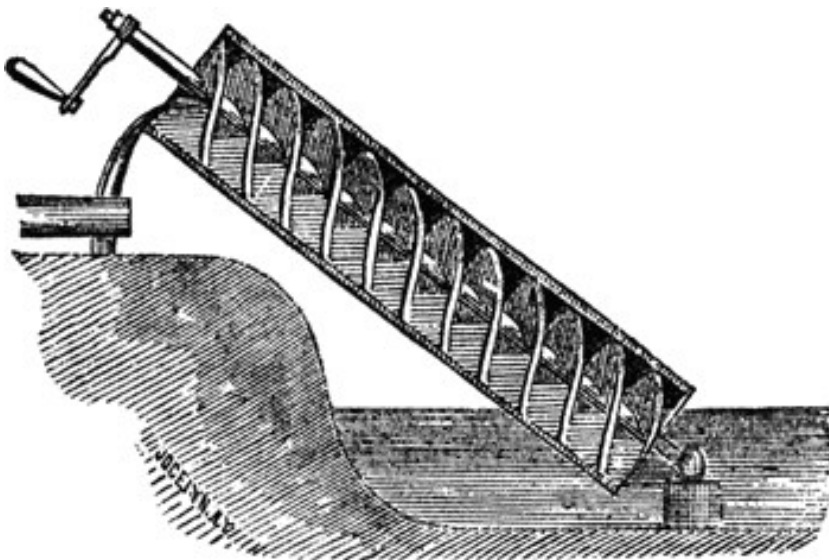
Agenda

- Máquinas de fluidos
- Classificação das máquinas de fluido (térmicas e de fluxo);
- Bombas centrífugas;
- Principais componentes
- Princípio de funcionamento das bombas centrífugas;
- Altura manométrica;
- Potência necessária ao acionamento das bombas;
- Seleção de bombas;
- Perda de carga;
 - Perda de carga contínua; e
 - Perda de carga localizada;
- Bibliografia;

Máquinas de fluido

Máquinas de fluido

- Maquinas de fluxo são quaisquer dispositivo que retire ou transfira energia para um fluido;
- Desde a Grécia antiga, onde Arquimedes criou seu primeiro dispositivo, o Parafuso de Arquimedes, creditado à Arquimedes de Siracusa (287 a.C. – 212 a.C.), as maquinas de fluxo vem sendo utilizadas, todavia a registros do uso das mesmas na Babilônia 300 anos antes de Arquimedes; e
- Ainda hoje o parafuso de Arquimedes é utilizado para drenar resíduos e esgotos.



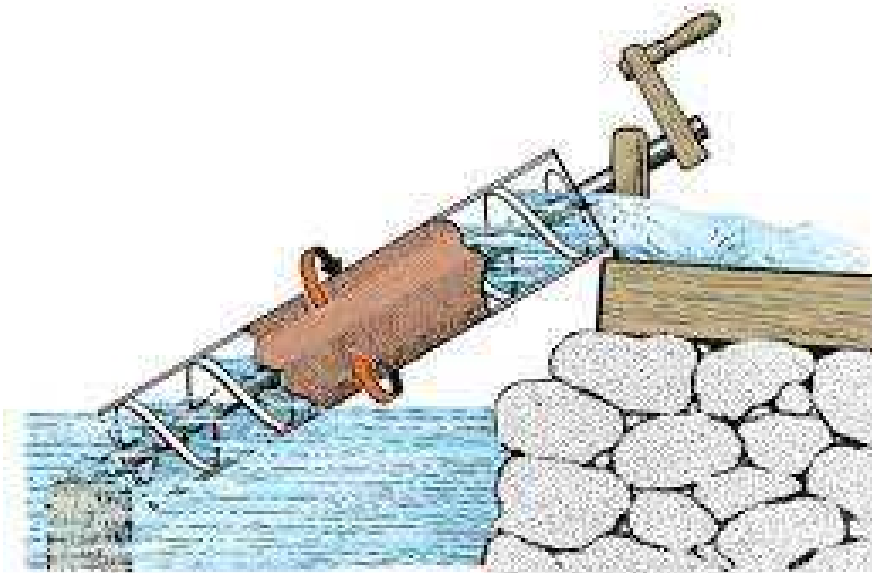
Máquinas de fluido

- Outro exemplo muito importante de máquinas de fluxo é a Roda d'água com pás também utilizada nos dias atuais;
- Embora inventada na Roma antiga sua criação causou um impacto gigantesco no modo de vida da sociedade romana, o simples fato de retirar energia d'água para utiliza-la em qualquer outra tarefa fez com que alguns serviços tivessem seu tempo de duração reduzido em horas, ou dias.

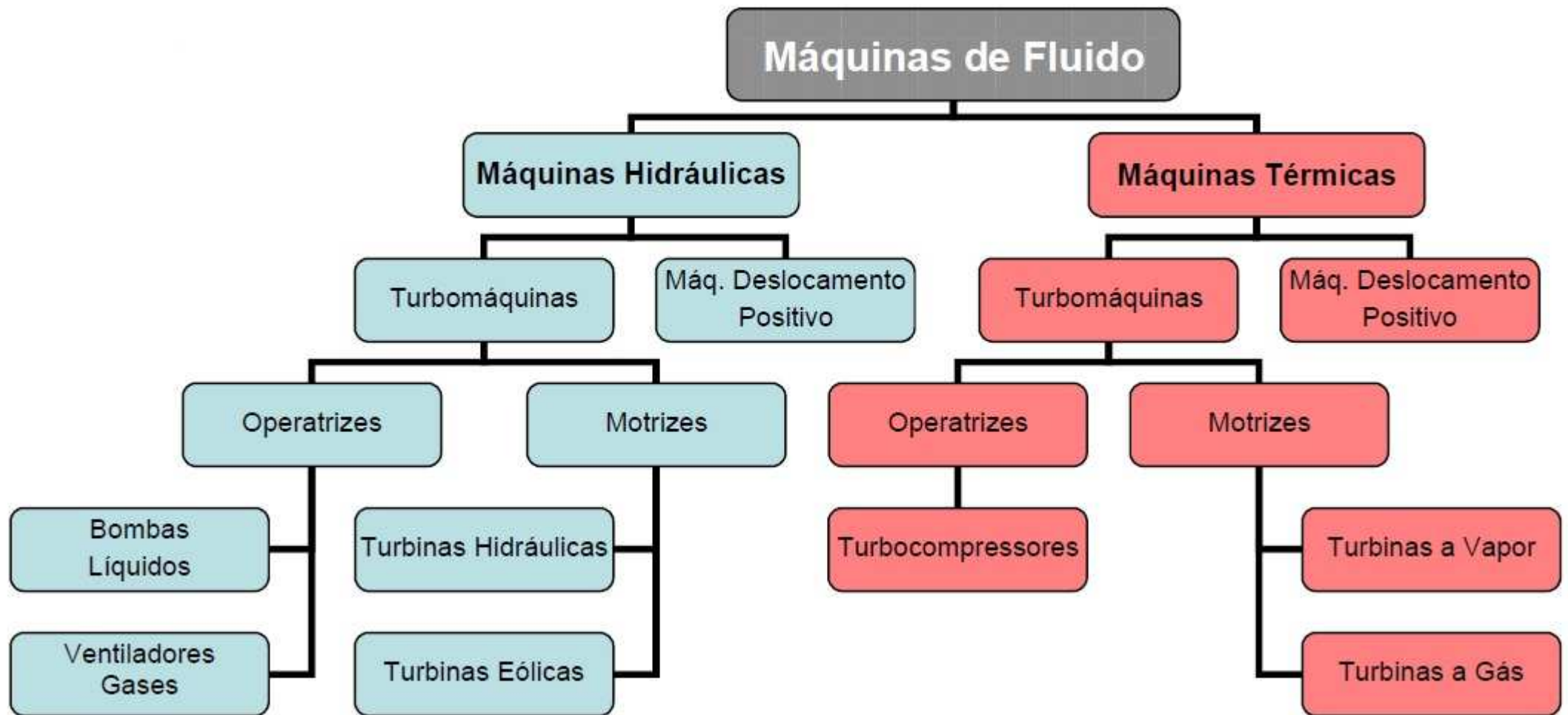


Máquinas de fluido

- O parafuso de Arquimedes fornece energia da maquina para o fluido;
- A roda d'água retira energia do fluido para aplicação em outro local;
- Estas são algumas das diferenças que podem existir entre as maquinas de fluxo;
- Não existe uma classificação em que podemos dizer qual é melhor ou pior que a outra, cada uma tem uma função na qual é utilizada da melhor forma possível.



Classificação das máquinas de fluido



- Na tabela acima vemos ela dividida em máquinas hidráulicas e máquinas térmicas;
- Em máquinas hidráulicas a massa específica do fluido é constante; e
- Para as máquinas térmicas onde a variação de temperatura é muito grande esta propriedade muda.

Máquinas de fluido

- Após sua invenção as máquinas de fluxo rapidamente ganharam seu lugar em meio a sociedade, hoje elas tem papel fundamental no cotidiano;
- Uma das suas funções atuais mais famosa no Brasil ocorre dentro de usinas hidrelétricas onde através da extração de energia da água corrente nos rios conseguimos obter energia elétrica;
- Mas não se deixe enganar não é apenas das águas que tais máquinas sobrevivem, em fazendas eólicas utilizamos a força dos ventos para mover suas hélices e converter a energia cinética dos ventos em energia elétrica.



Classificação

Classificação das máquinas de fluxo

- As máquinas de fluxo podem ser classificadas em dois tipos principais: turbinas e bombas.
- As turbinas são máquinas que convertem a energia cinética de um fluido em energia mecânica, através de um rotor que gira com a força do fluido que passa por ele; e
- As turbinas são geralmente usadas para gerar energia elétrica a partir de hidrelétricas, térmicas ou eólicas.



Pelton



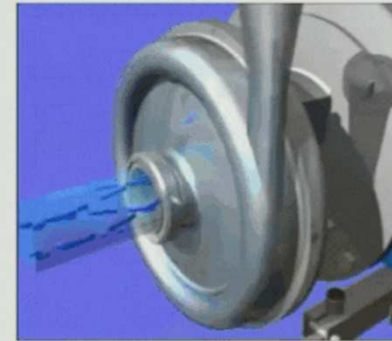
Francis



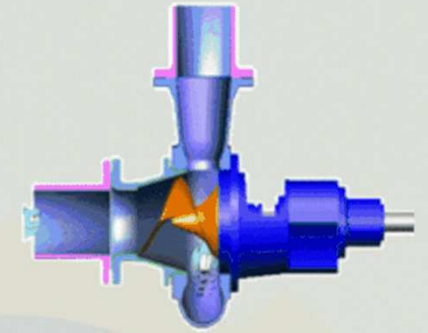
Kaplan

Classificação das máquinas de fluxo

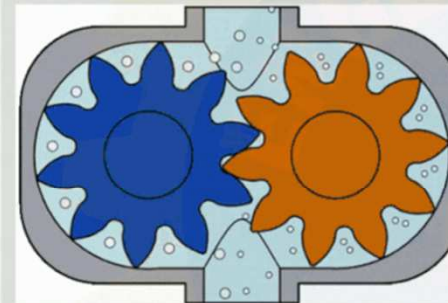
- As bombas, por outro lado, são máquinas que **convertem a energia mecânica em energia hidráulica**, ou seja, aumentam a pressão de um fluido para movê-lo de um lugar para outro;
- As bombas são usadas em diversas aplicações, como sistemas de irrigação, abastecimento de água e combustível em veículos, sistemas de refrigeração, entre outros.



Centrífuga



Centrífuga Helicoidal



Engrenagens Externas



Engrenagens Internas

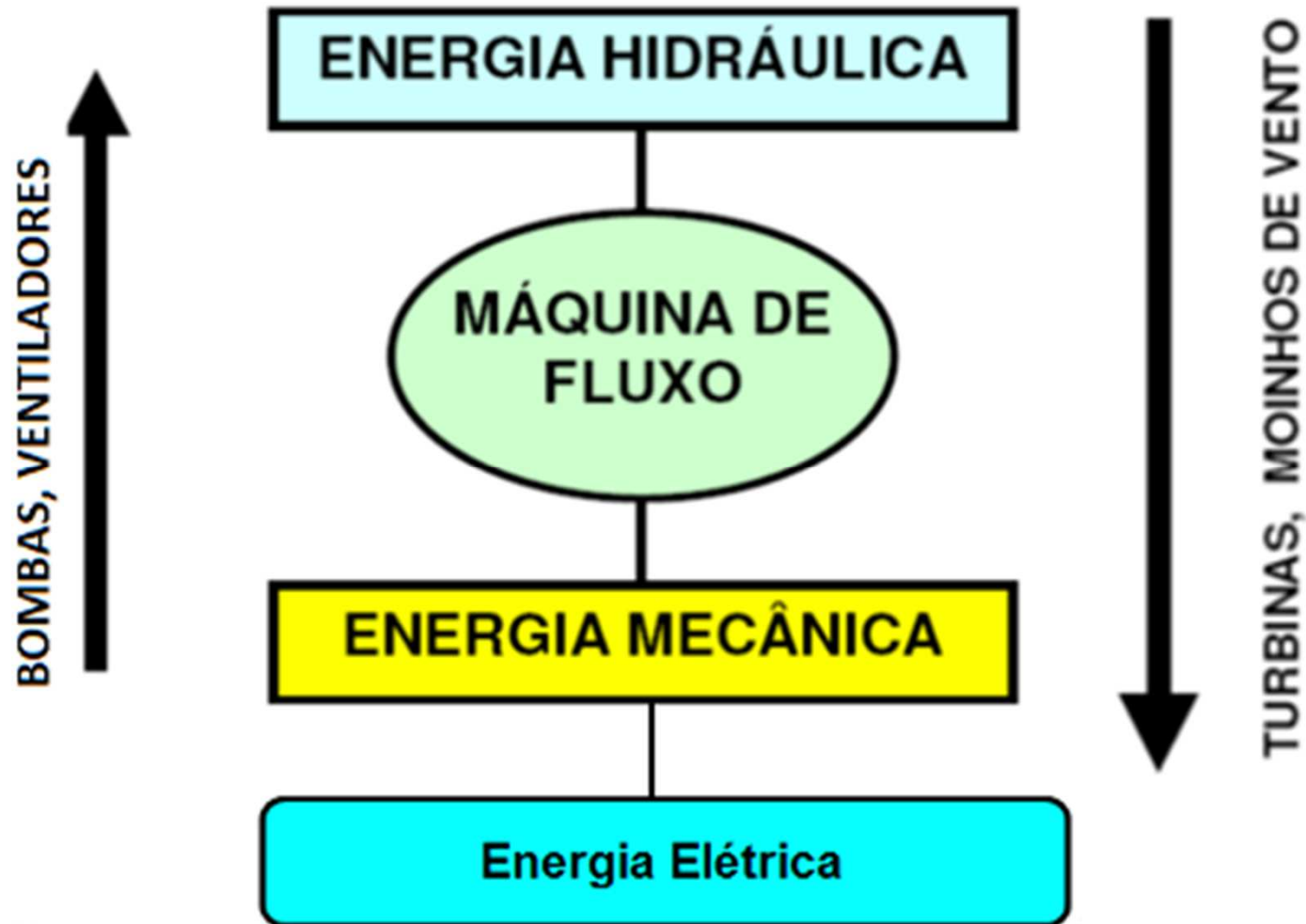


Palhetas



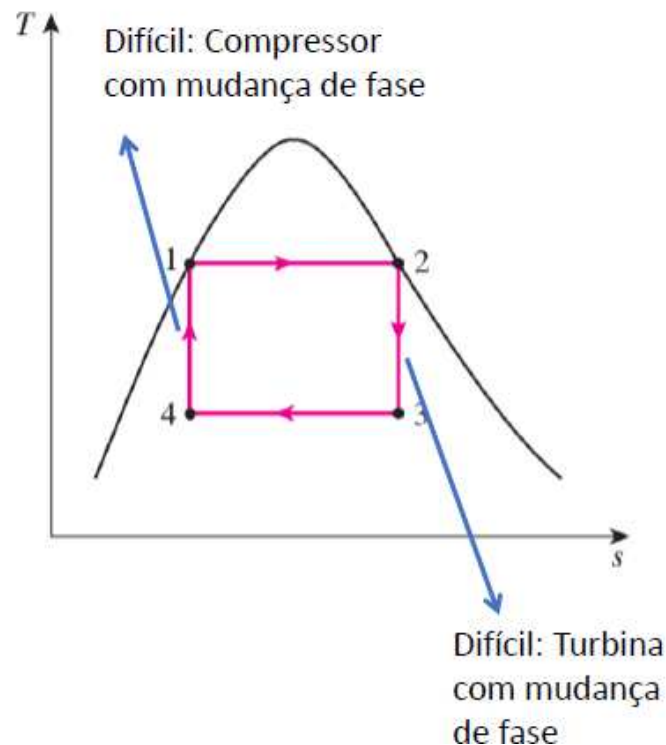
Lóbulos

Classificação



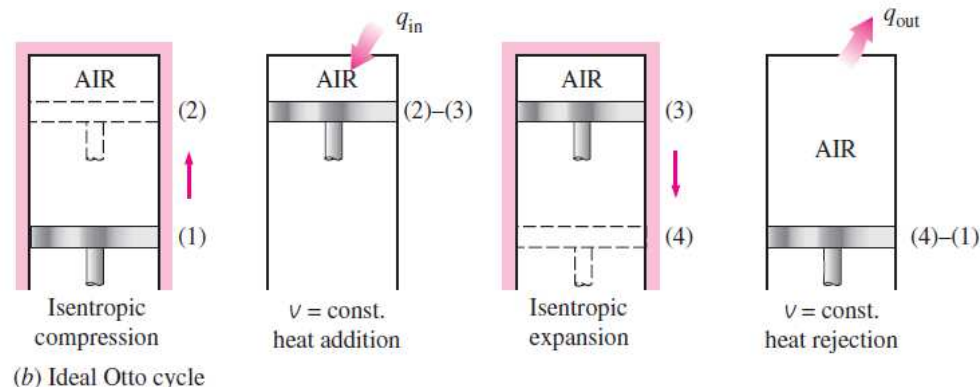
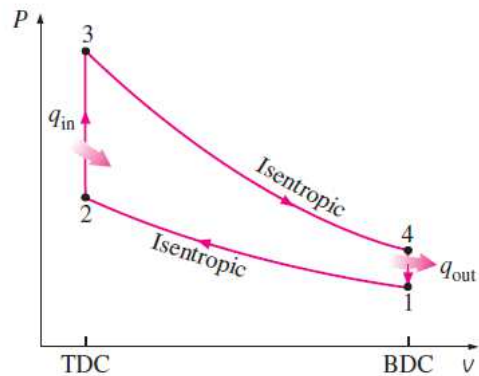
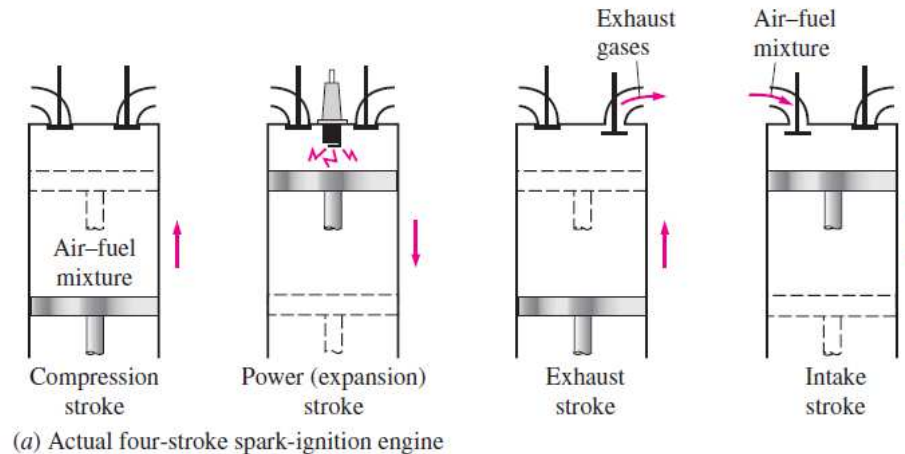
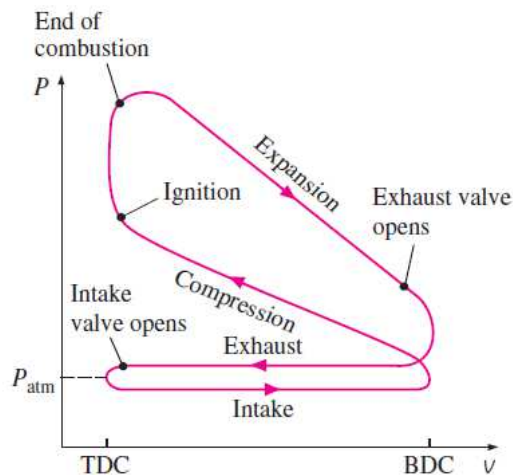
Classificação das máquinas térmicas

- As máquinas térmicas podem ser classificadas de várias maneiras diferentes, mas uma das classificações mais comuns é baseada no ciclo termodinâmico em que operam;
- **Ciclo de Carnot:** As máquinas térmicas que operam no ciclo de Carnot são consideradas ideais, pois têm a maior eficiência possível para uma máquina térmica que opera entre duas temperaturas diferentes.



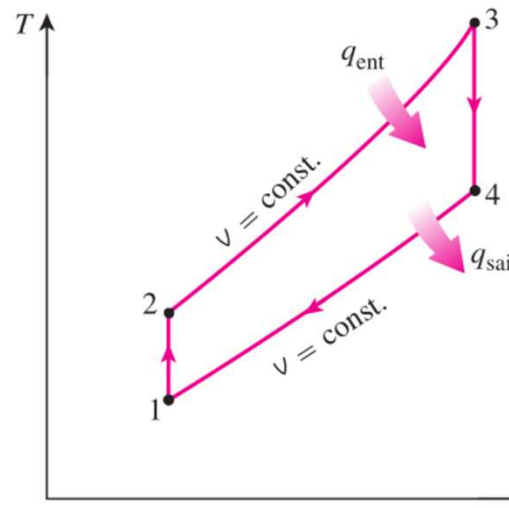
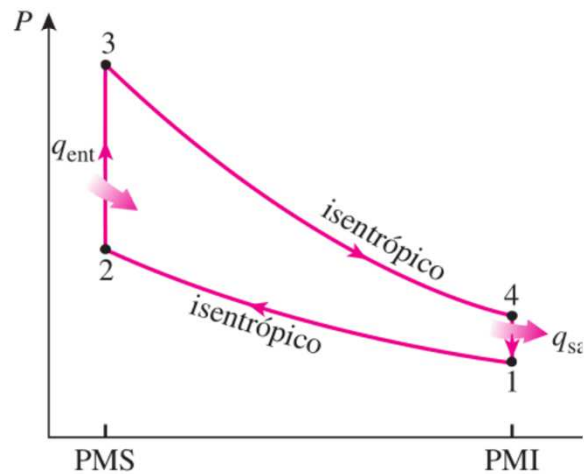
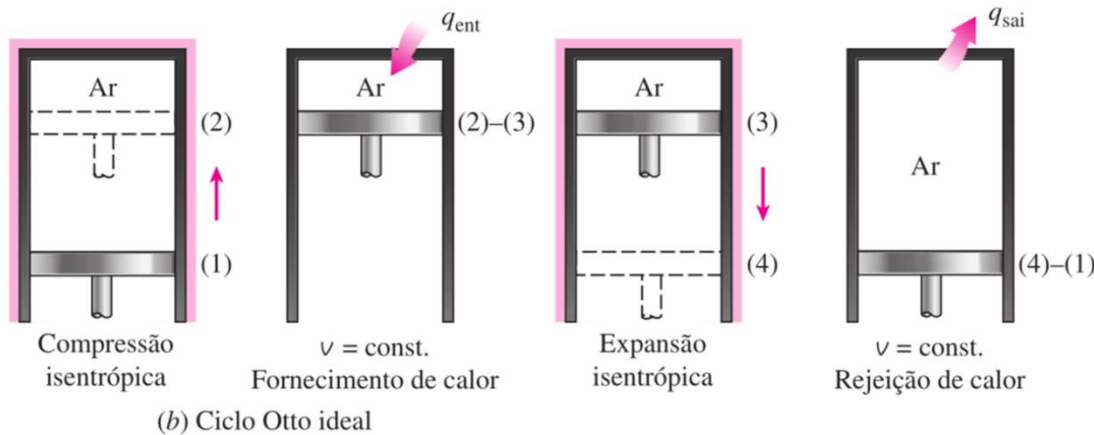
Classificação das máquinas térmicas

- **Ciclo de Otto:** As máquinas térmicas que operam no ciclo de Otto são usadas em motores de combustão interna, como os motores a gasolina; e
- Nesse ciclo, a mistura ar-combustível é comprimida, queimada e, em seguida, expandida para gerar energia mecânica.



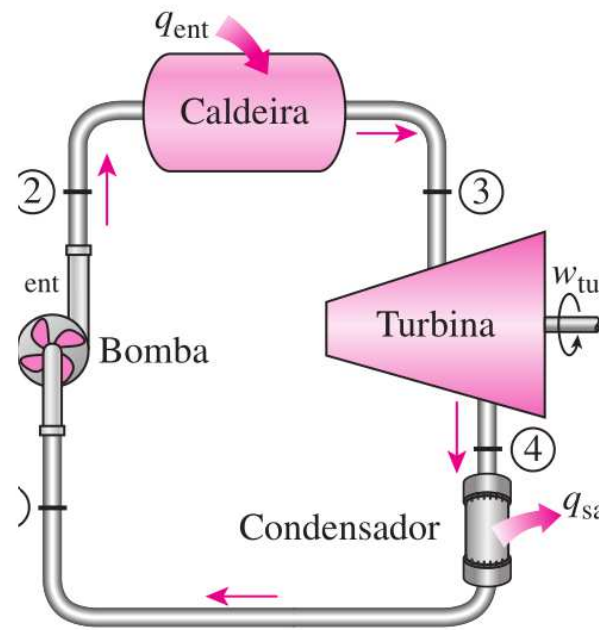
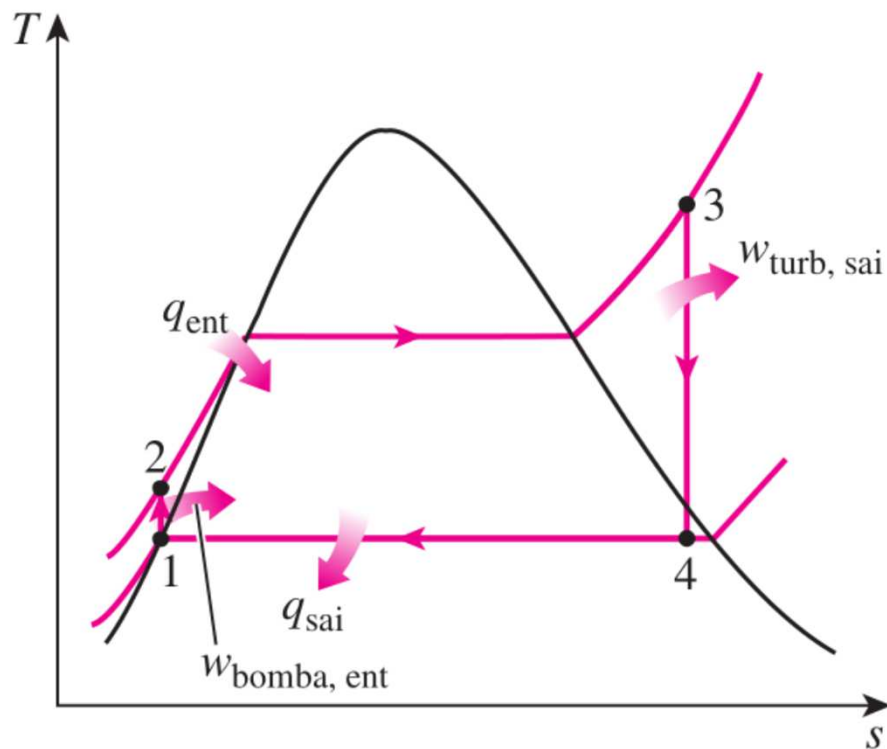
Classificação das máquinas térmicas

- **Ciclo de Diesel:** As máquinas térmicas que operam no ciclo de Diesel são usadas em motores a diesel; e
- Nesse ciclo, o ar é comprimido até uma alta temperatura e, em seguida, o combustível é injetado, queimando e gerando energia mecânica.



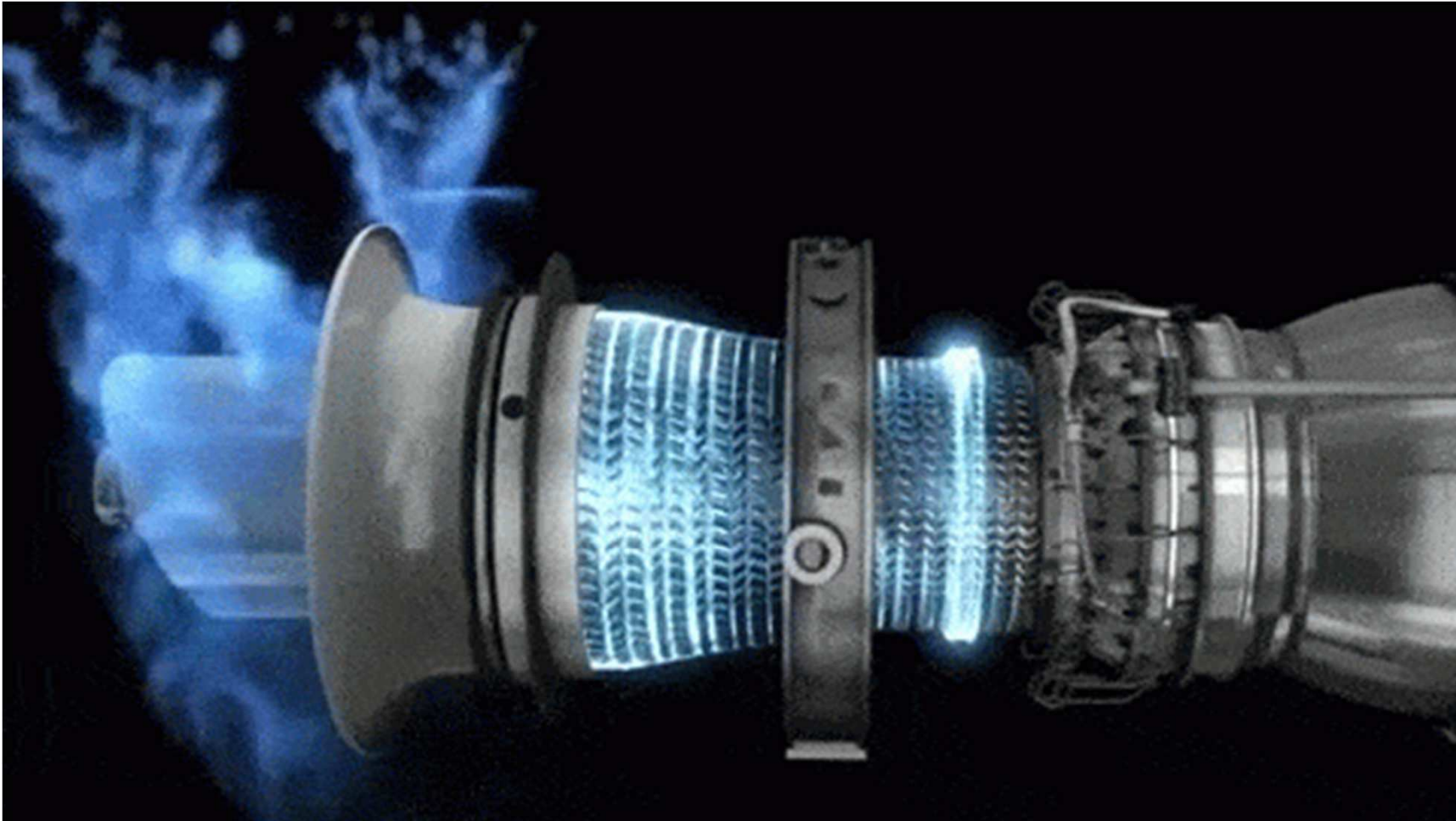
Classificação das máquinas térmicas

- **Ciclo de Rankine:** As máquinas térmicas que operam no ciclo de Rankine são usadas em turbinas a vapor; e
- Nesse ciclo, a água é aquecida e vaporizada, e em seguida, o vapor é usado para girar uma turbina, produzindo energia mecânica.



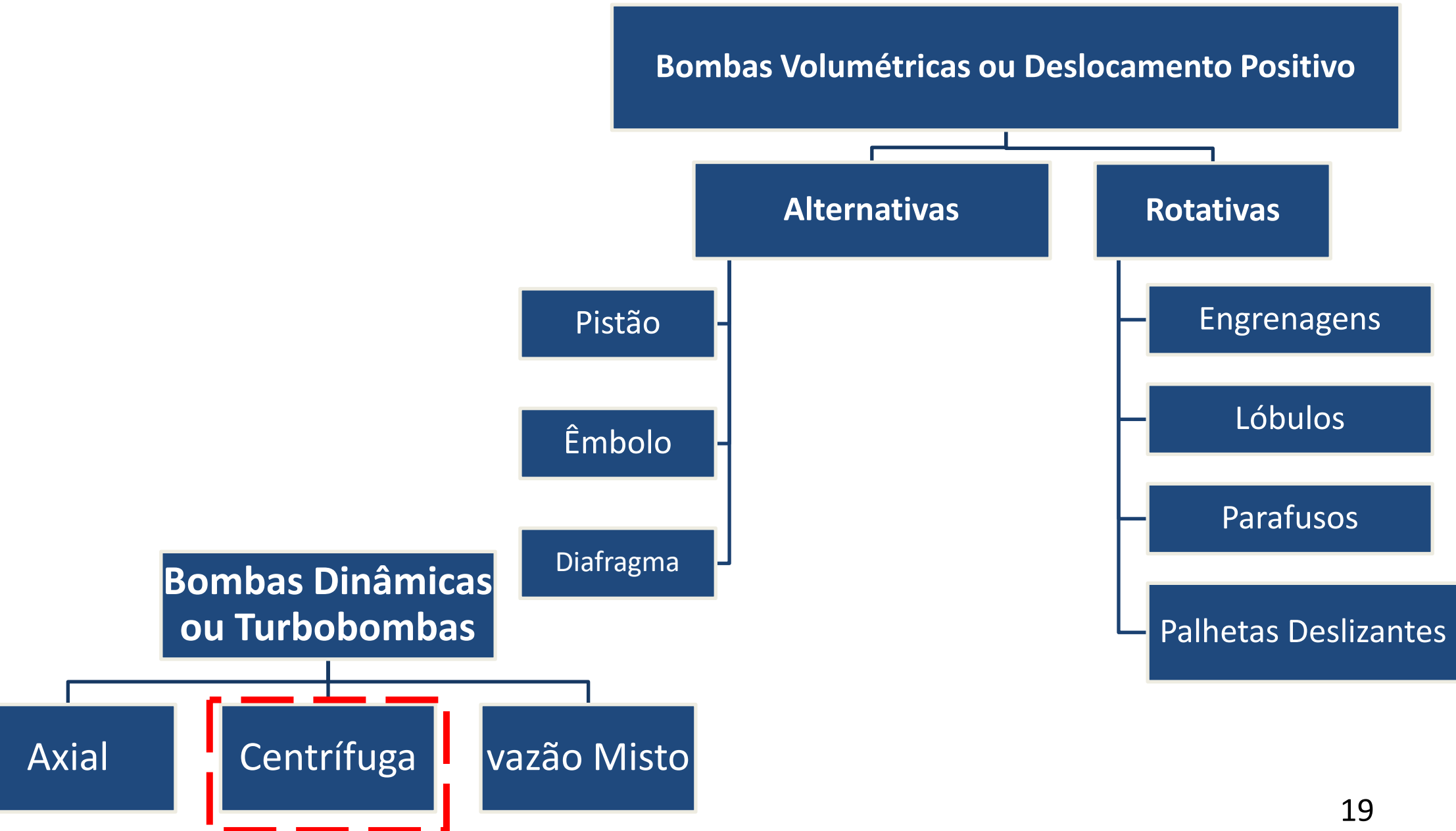
Classificação das máquinas térmicas

- **Ciclo Brayton:** As máquinas térmicas que operam no ciclo Brayton são usadas em turbinas a gás; e
- Nesse ciclo, o ar é comprimido, aquecido e, em seguida, expandido através de uma turbina, gerando energia mecânica.



Bombas centrífugas

Bombas centrífugas



Bombas centrífugas



A bomba centrífuga é geralmente a mais econômica, seguida pelas bombas rotativas e alternativas;



Embora as bombas de deslocamento positivo sejam geralmente mais eficientes do que as bombas centrífugas, o benefício de uma maior eficiência tende a ser compensado por maiores custos de manutenção; e



Visto que, em todo o mundo, as bombas centrífugas são responsáveis pela maioria da eletricidade usada pelas bombas, o foco deste minicurso é a bomba centrífuga.

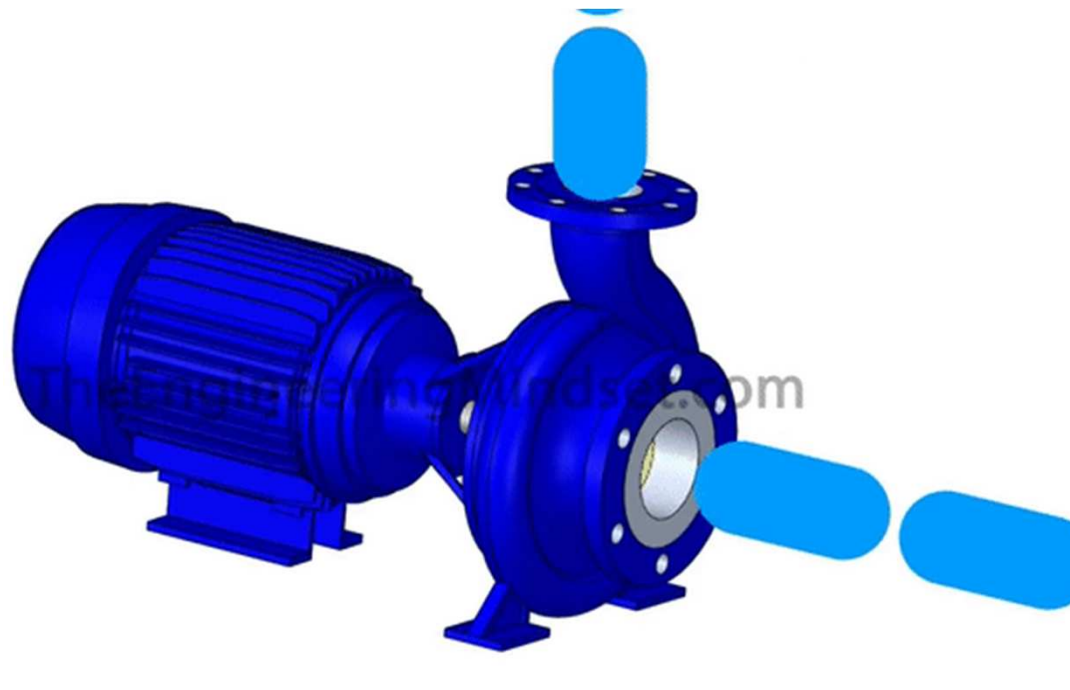
Bombas centrífuga

- Bomba centrífuga tem o projeto muito simples;
- As duas partes principais da bomba são o impelidor e a voluta;
- O impelidor, que é a única parte móvel, é preso a um eixo e acionado por um motor;
- A voluta aloja o impelidor e captura e direciona a água para fora do impelidor.



Bombas centrífuga

- A água entra no centro (olho) do impelidor e sai com a ajuda da força centrífuga;
- Conforme a água sai do olho do rotor, uma área de baixa pressão é criada, fazendo com que mais água flua para o olho;
- A pressão atmosférica e a força centrífuga fazem com que isso aconteça;



Principais componentes

Principais componentes

Linha de recalque:

VR: Válvula de retenção;

R: Registro;

C: Curvas ou joelhos (ou cotovelos)

Casa das Bombas:

M: Motor de acionamento; e

B: Bomba

Linha de sucção

VPL: Válvula de pé com crivo;

CL: Curva longa de 90°;e

RE: Redução excêntrica

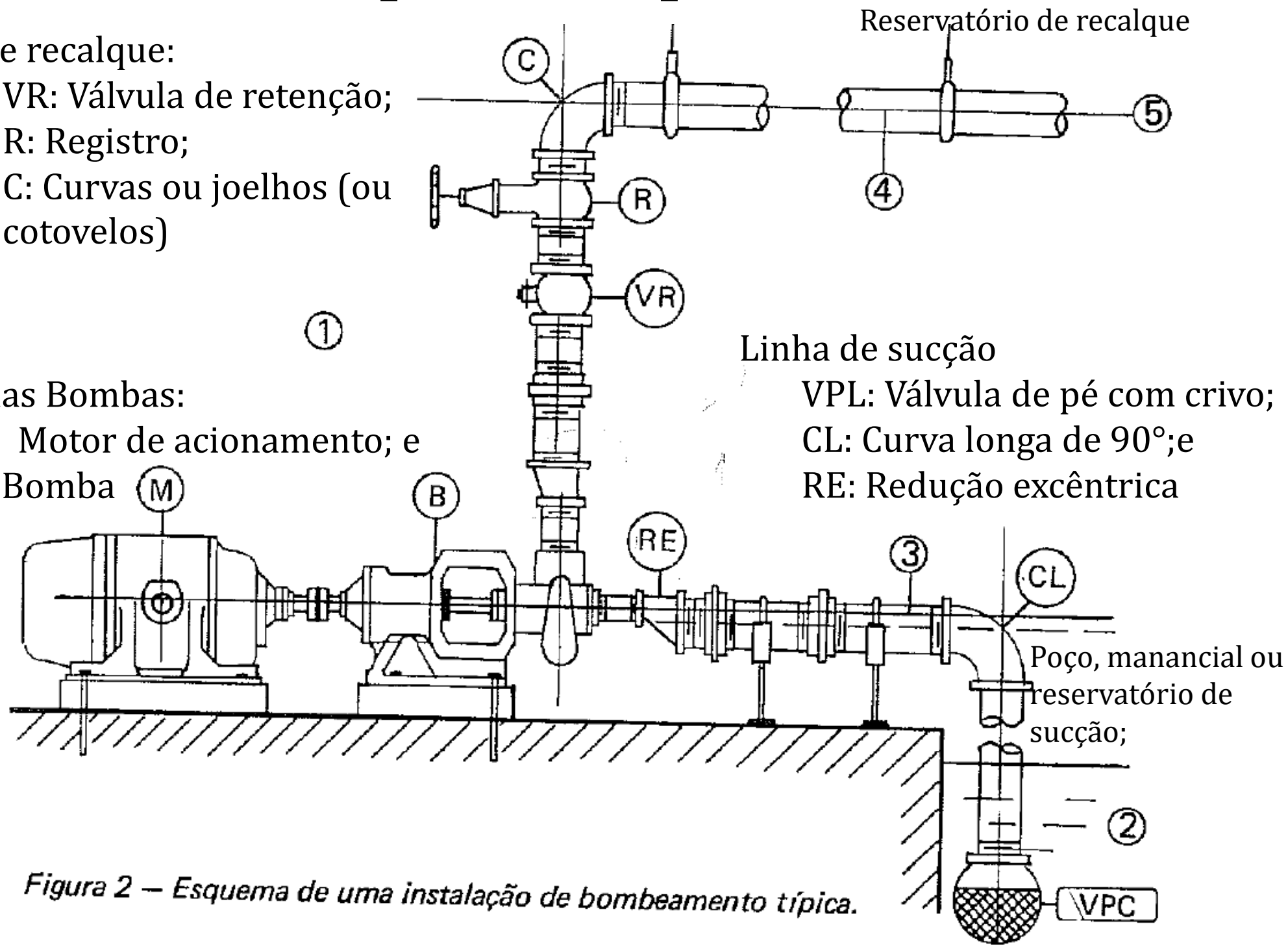


Figura 2 — Esquema de uma instalação de bombeamento típica.

Principais componentes

- Bomba (B) : Órgão encarregado de succionar o fluido, retirando-o do reservatório de sucção e energizando-o através de seu rotor, o que impulsiona-o para o reservatório de recalque.
- Válvula de pé com crivo (VPC): Instalada junto ao pé da tubulação de sucção, é uma válvula unidirecional que só permite a passagem do fluido no sentido ascendente e que, com o desligamento do motor de acionamento, mantém a carcaça da bomba e a tubulação de sucção cheia do fluido recalcado, impedindo o seu retorno ao reservatório de sucção. Diz-se, nestas circunstâncias, que a válvula de pé com crivo mantém a bomba escorvada (carcaça e tubulação de sucção cheia de fluido).



Imagem ilustrativa.



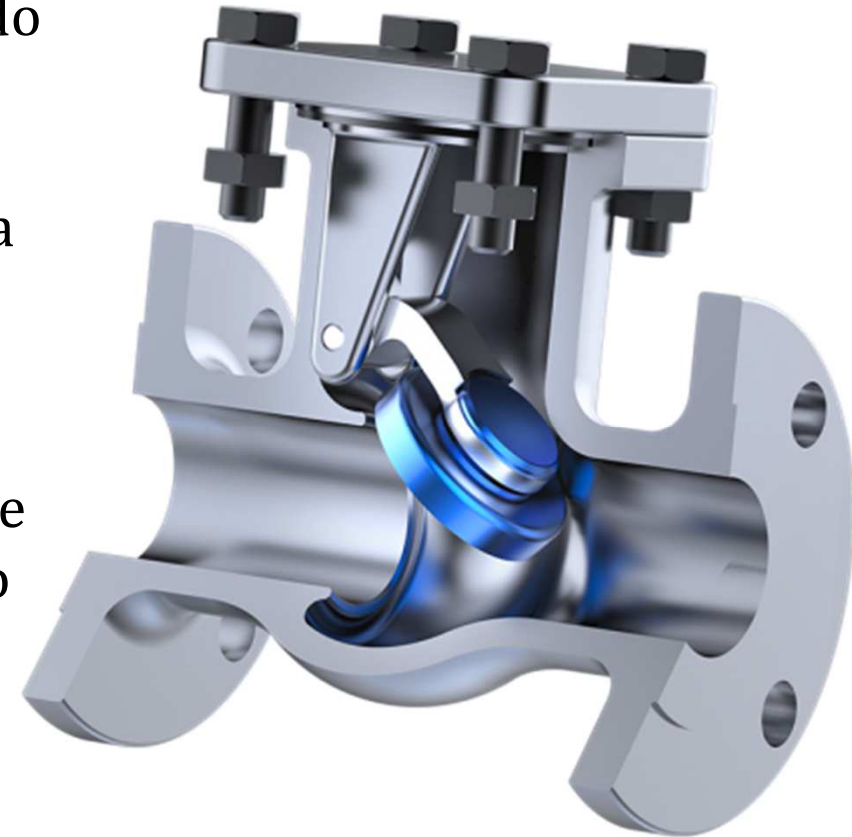
Principais componentes

- Redução excêntrica (RE): Redução que liga o final da tubulação de sucção à boca de entrada da bomba, de diâmetro, normalmente, menor. Com a excentricidade visa-se evitar a formação de bolsas de ar, à entrada da bomba, o que estrangula a secção de entrada e dificulta o funcionamento normal da bomba. São dispensáveis em instalações com linhas de sucção de pequeno diâmetro, acontecendo, normalmente, em instalações com diâmetro de sucção superiores a 4" (4 polegadas).



Principais componentes

- Válvula de retenção (VR): Válvula também unidirecional instalada à saída da bomba e antes do registro de recalque.
- Tem as seguintes funções:
 - Impedir que o peso da coluna de recalque seja sustentado pelo corpo da bomba, pressionando-o e provocando vazamento no mesmo;
 - Impedir que, com um defeito na válvula de pé e entrando a tubulação de recalque por baixo do reservatório superior, haja o refluxo do fluido, fazendo a bomba funcionar como turbina e assim, com o disparo do rotor, atingir velocidades perigosas, provocando danos na bomba;
 - Possibilitar, através de um dispositivo chamado "by-pass" escorva automática da bomba, evidentemente, após se ter sanado o defeito da válvula de pé que provocou a perda da escorva.



Principais componentes

- Registro de recalque (R): Acessório destinado a controlar a vazão recalçada, através do seu fechamento e abertura.
- Deve vir logo após a válvula de retenção e tem diferentes sendo, entretanto, o registro de gás mais comum.



2.1/2"

Princípio de funcionamento das bombas centrífugas

Bombas centrífuga

- Imagine-se um vaso cilíndrico aberto, parcialmente cheio de água e capaz de, acionado por fonte externa, girar em torno do seu eixo de simetria;
- Esse giro em torno de seu eixo de simetria, atingido o equilíbrio dinâmico, faz com que o vaso fique dotado de uma velocidade angular ω constante:

$$\omega = \frac{\pi n}{30}$$



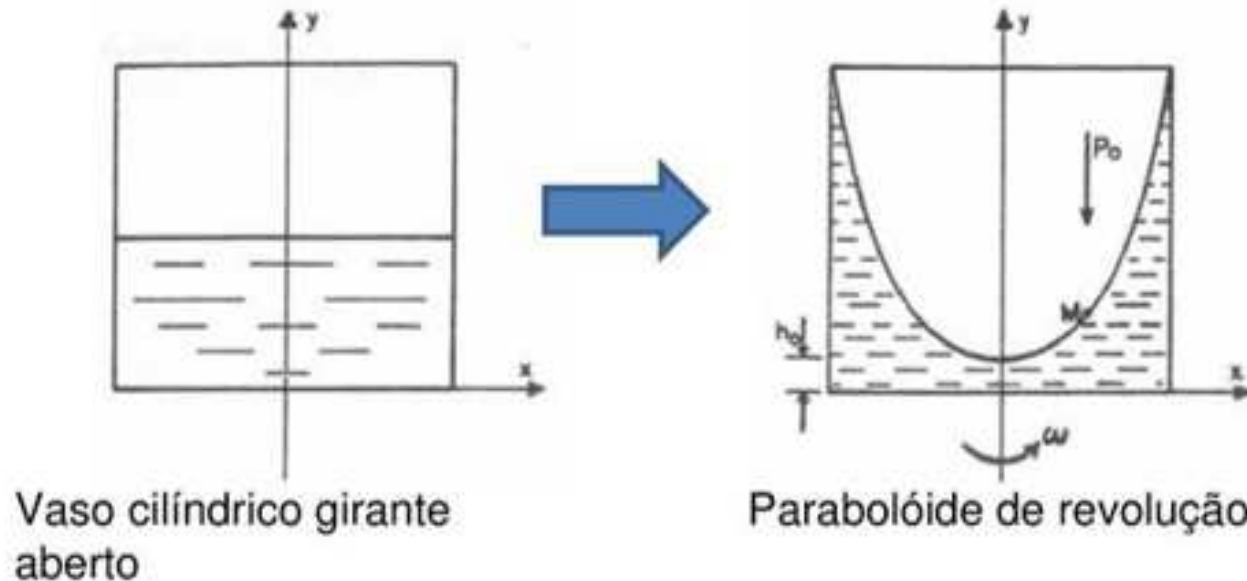
Bombas centrífuga

- Sabe-se que, ao assim acontecer, a água sobe pelas paredes do vaso, compondo sua superfície livre um parabolóide de revolução;
- No plano cartesiano, um ponto M (x, v) da parábola obedece a equação:

$$y = h_0 + \frac{\omega^2 x^2}{2g}$$

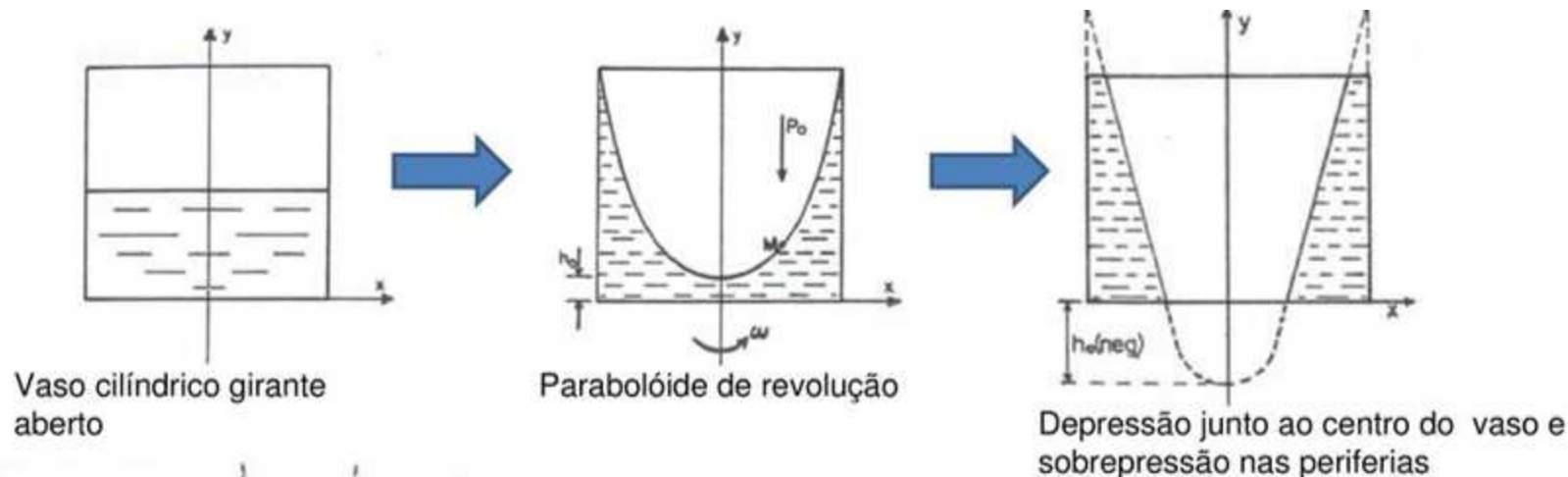
- Attingido o equilíbrio dinâmico, a pressão em pontos situados junto ao fundo do vaso será dada por:

$$p = p_0 + \gamma y$$



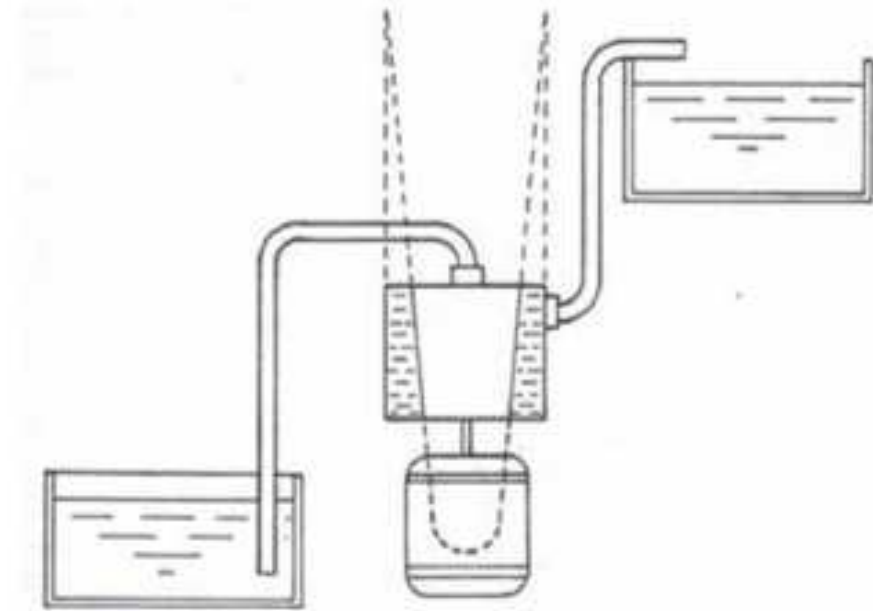
Bombas centrífuga

- Quando a velocidade angular ω for suficientemente grande, a água sobe tanto pelas paredes do vaso, a ponto de descobrir sua região central;
- A experiência nos revela, então, que:
- Há sobrepressão junto à periferia do vaso (pontos para os quais, segundo a equação (1), y é grande porque o termo $\frac{\omega^2 x^2}{2g}$);
- Há depressão junto ao centro do vaso (pontos para os quais, segundo a equação (1), y é negativo porque h_0 é negativo e $\frac{\omega^2 x^2}{2g}$ é pequeno).

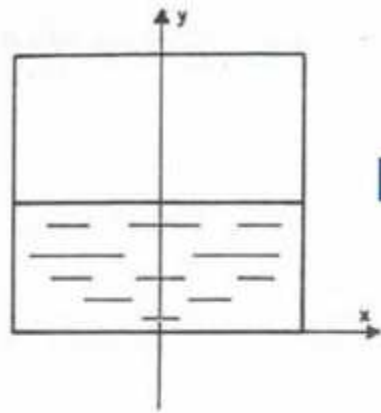


Bombas centrífuga

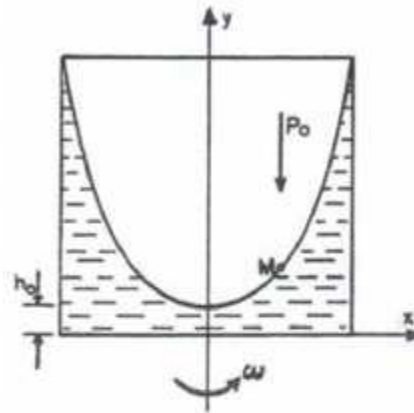
- Fato posto, construiremos agora um vaso cilíndrico fechado e totalmente cheio de água, vaso esse passível de ligação por tubulações a dois reservatórios: um, inferior, e ao qual se liga pelo centro e outro, superior e ao qual se liga pela periferia;
- Ao acionar o vaso girante (rotor); a depressão central aspira o fluido que, sob a ação da força centrífuga, ganha, na periferia, a sobre pressão que o recalca para o reservatório superior; e
- Teremos, assim, criado a bomba centrífuga e explicado o seu princípio de funcionamento.



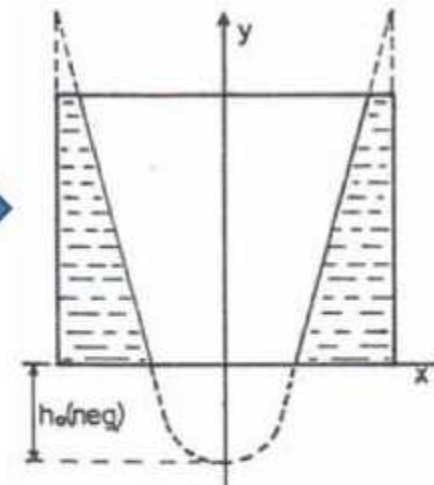
Bombas centrífuga



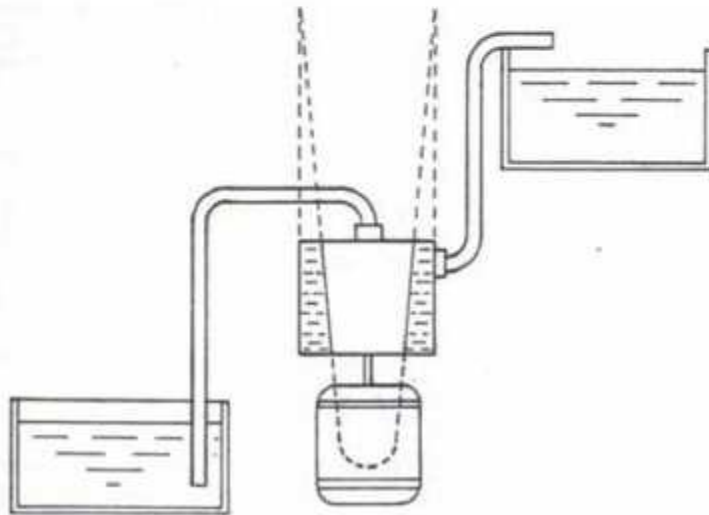
Vaso cilíndrico girante aberto



Parabolóide de revolução



Depressão junto ao centro do vaso e sobrepressão nas periferias



Considerando agora um vaso fechado, ao acionar o vaso girante (rotor), a depressão central aspira o fluido que, sob a ação da força centrífuga, ganha, na periferia, a sobrepressão que o recalca para o reservatório superior.

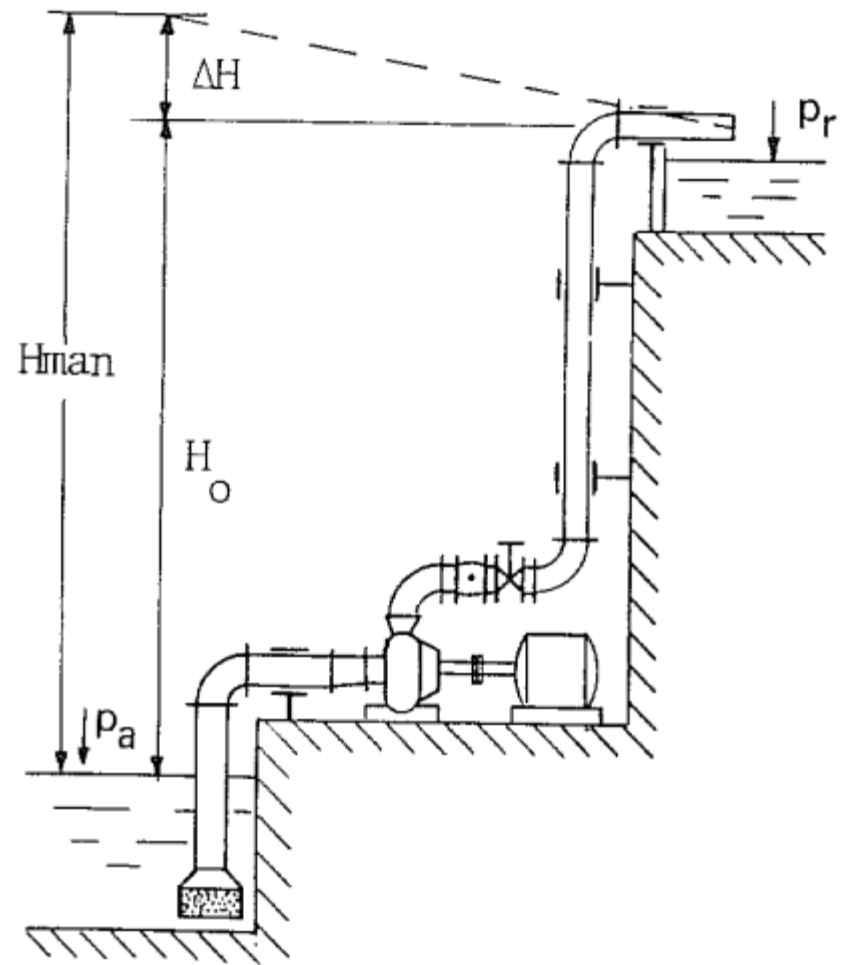


Fonte: Djalma F. Carvalho (1977)

Altura manométrica

Altura manométrica

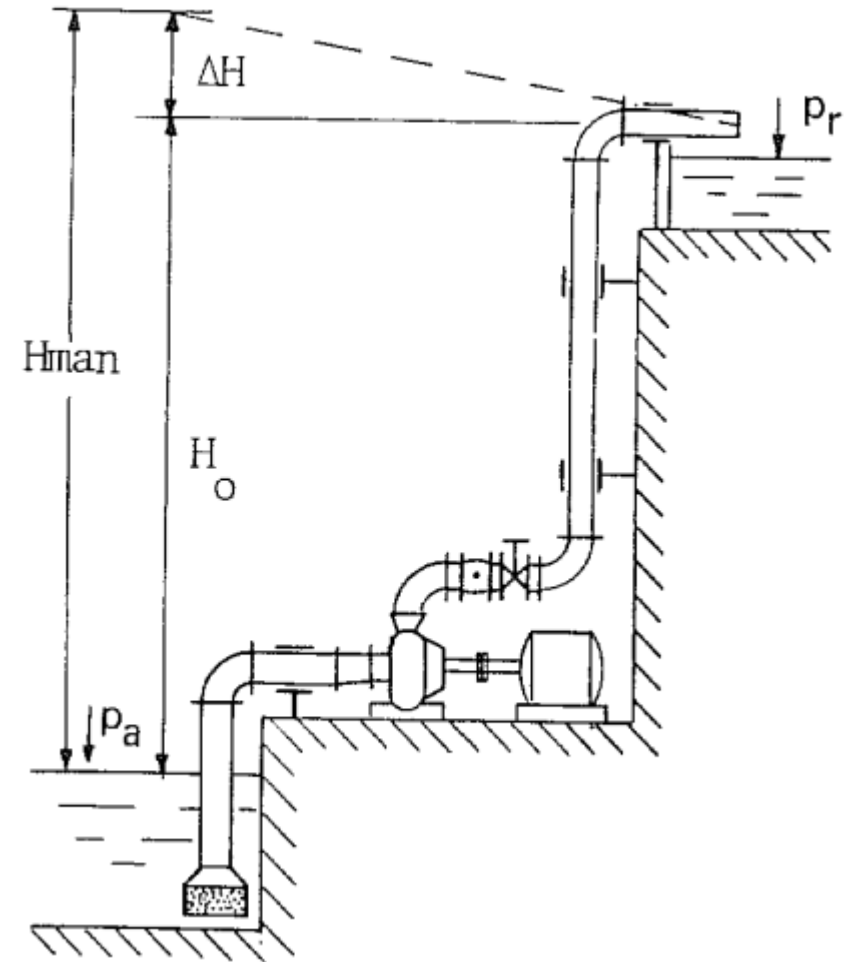
- Define-se a altura manométrica de um sistema elevatório como sendo a quantidade de energia que deve ser absorvida por 1 (um) quilograma de fluido que atravessa a bomba;
- Energia esta necessária para que o mesmo vença:
 - O desnível da instalação;
 - A diferença de pressão entre os 2 (dois) reservatórios (caso exista); e
 - A resistência natural que as tubulações e acessórios oferecem ao escoamento dos fluidos (perda de carga).



Altura manométrica

$$H_{man} = H_o + \frac{p_r - p_s}{\gamma} + \Delta H$$

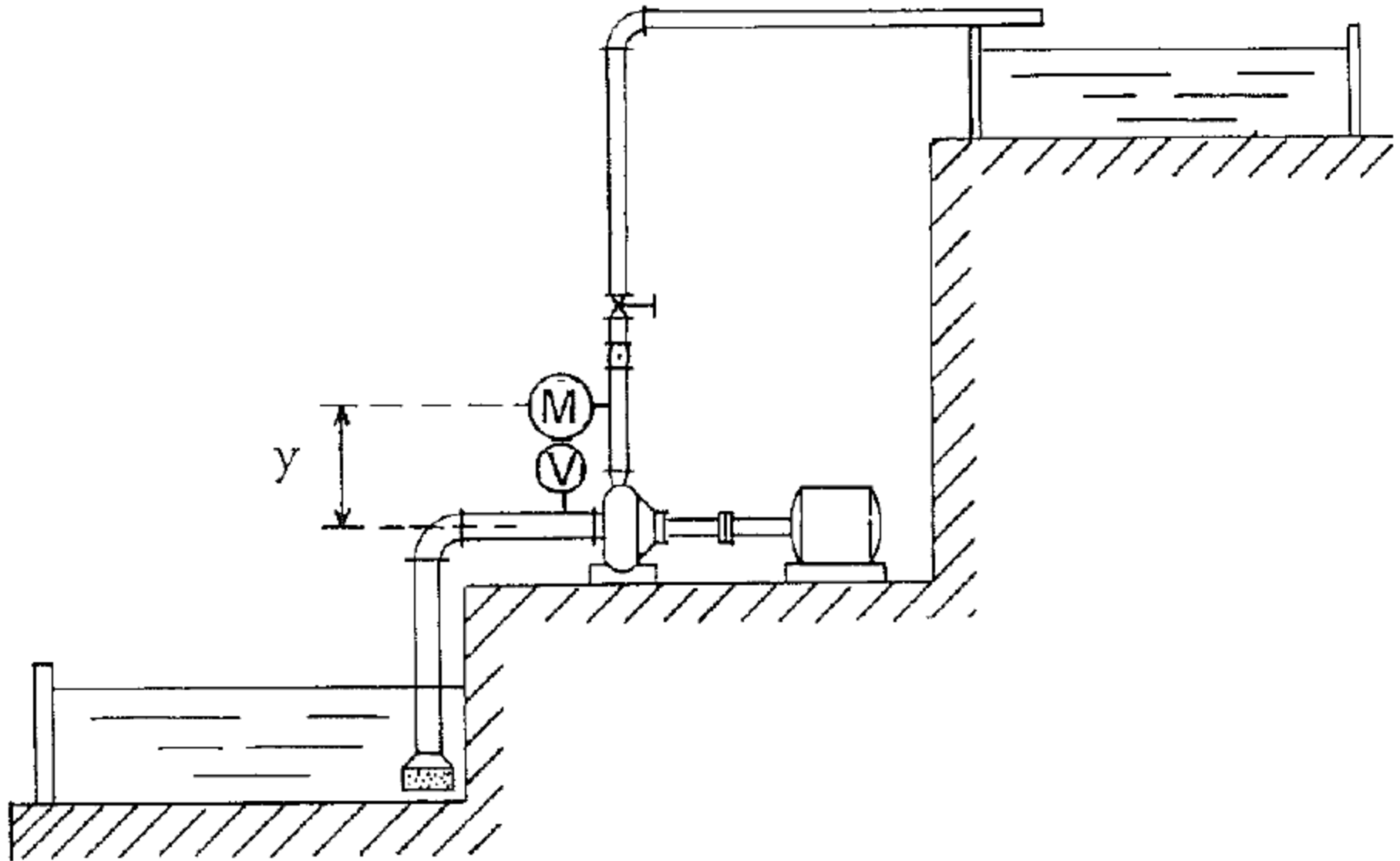
- H_{man} (ou H): altura manométrica, em m;
- H_o : desnível geométrico, em m
- p_r . Pressão no reservatório de recalque, em kg/m^2
- p_s : pressão no reservatório de sucção, em kg/m^2
- γ : peso específico do fluido, em kg/m^3
- ΔH : perda de carga nas tubulações e acessórios, em m.



Quando ambos os reservatórios são abertos e sujeitos, portanto, à pressão atmosférica

$$H_{man} = H_o + \Delta H$$

Altura manométrica



Altura manométrica

$$H_{man} = \left(\frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + y \right) - \left(\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + 0 \right)$$

$$M = \left(\frac{p_2}{\gamma} \right)_{abs} - \left(\frac{p_{atm}}{\gamma} \right)_{abs} \quad V = \left(\frac{p_{atm}}{\gamma} \right)_{abs} - \left(\frac{p_1}{\gamma} \right)_{abs}$$

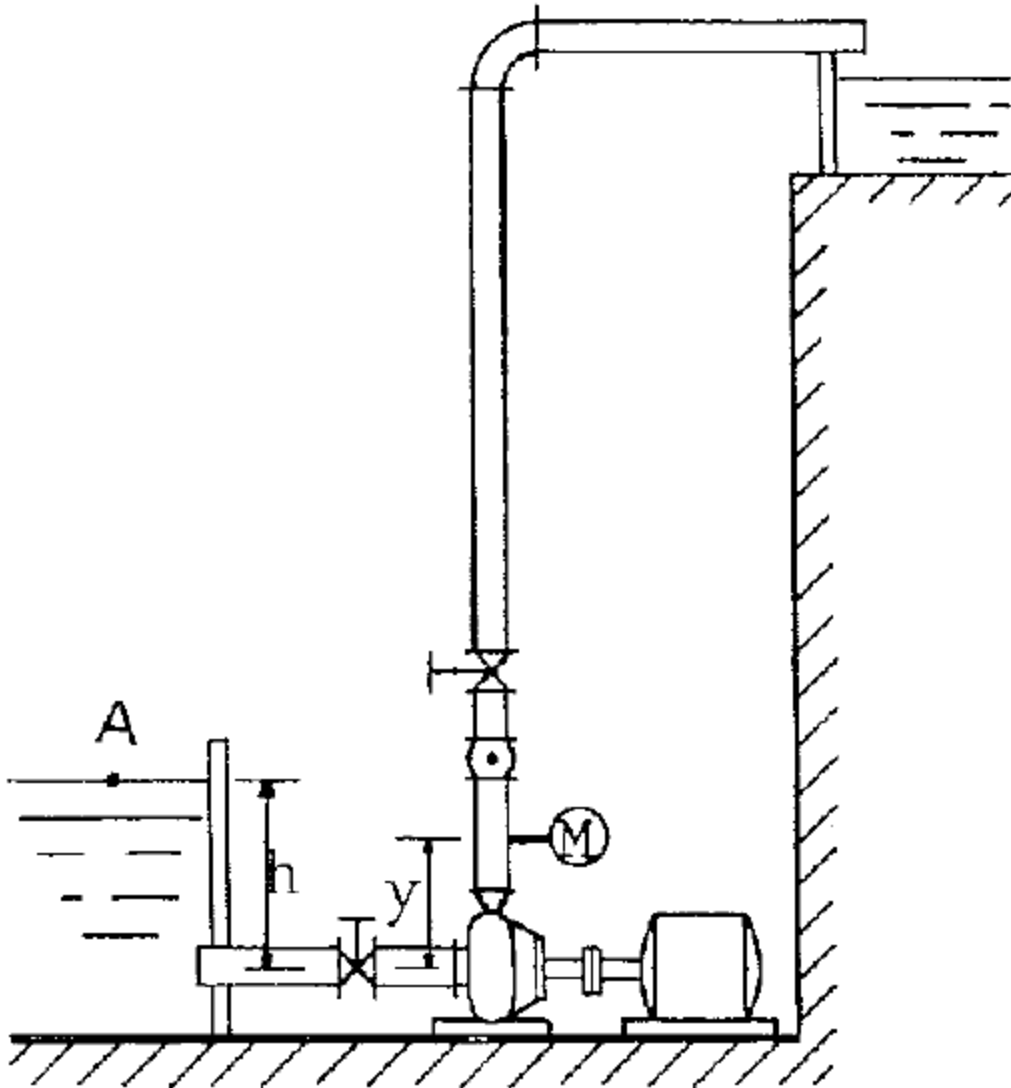
$$M + V = \left(\left(\frac{p_2}{\gamma} \right)_{abs} + \cancel{\frac{v_2^2}{2g}} + y \right) - \left(\left(\frac{p_1}{\gamma} \right)_{abs} + \cancel{\frac{v_1^2}{2g}} + 0 \right)$$

$$H_{man} = \left(\frac{p_2}{\gamma} \right)_{abs} - \left(\frac{p_1}{\gamma} \right)_{abs} + y = M + V + y$$

Altura manométrica

$$H_{man} = \left(\frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} + y \right) - \left(\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} + 0 \right)$$

$$H_{man} = M - (h - y)$$



Potência necessária ao acionamento das bombas

Potência necessária ao acionamento das bombas

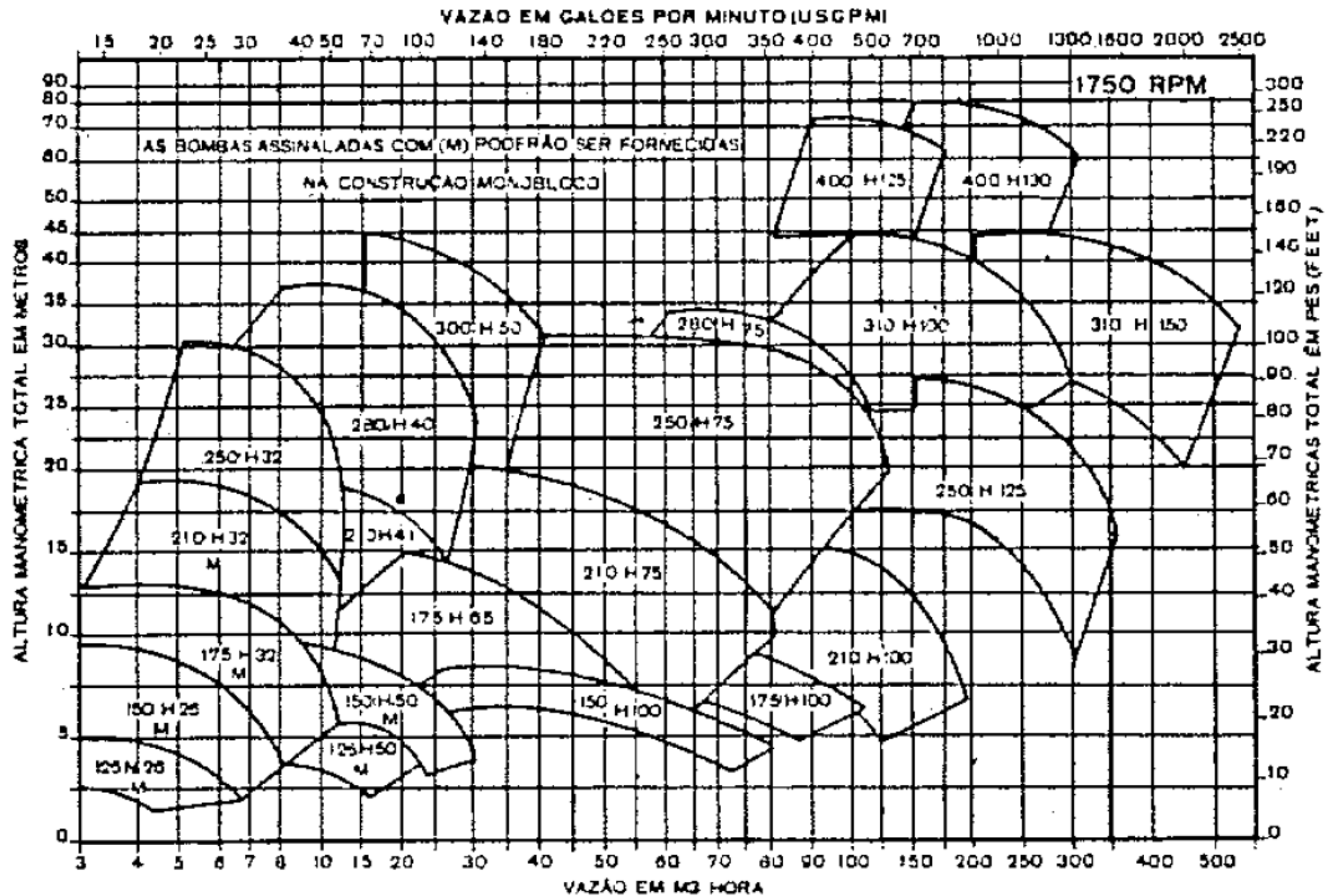
- O trabalho útil realizado por uma bomba centrífuga é o produto do peso do líquido deslocado pela altura desenvolvida;
- Esse trabalho na unidade de tempo é a potência hidráulica, expressa pelas fórmulas:

$$N = \frac{\gamma Q H_{man}}{\eta}$$

- N : Potência , em W;
- γ : peso específico, em N/m³
- Q . Vazão volumétrica, em m³/s
- H_{man} : altura manométrica, em m; e
- η : eficiência da bomba, em %.

Seleção de bombas

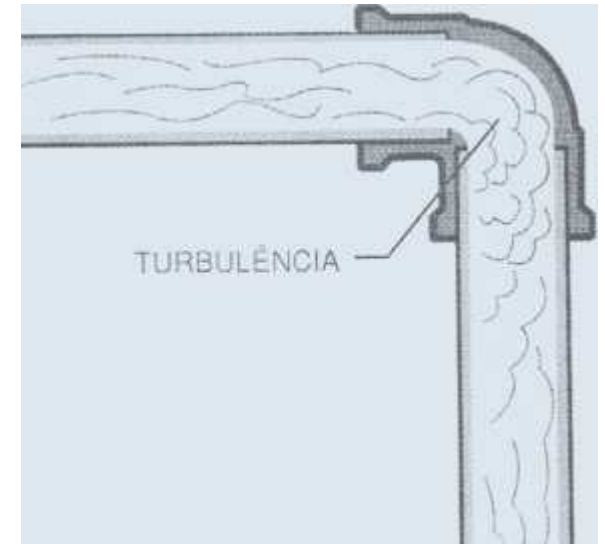
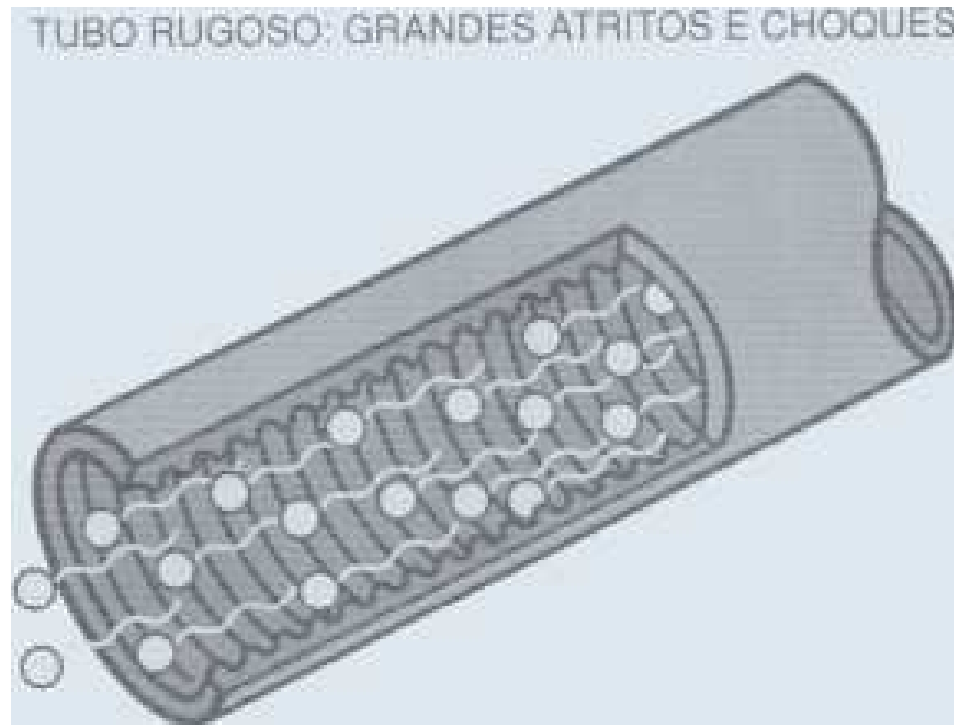
Seleção de bombas



Perda de carga

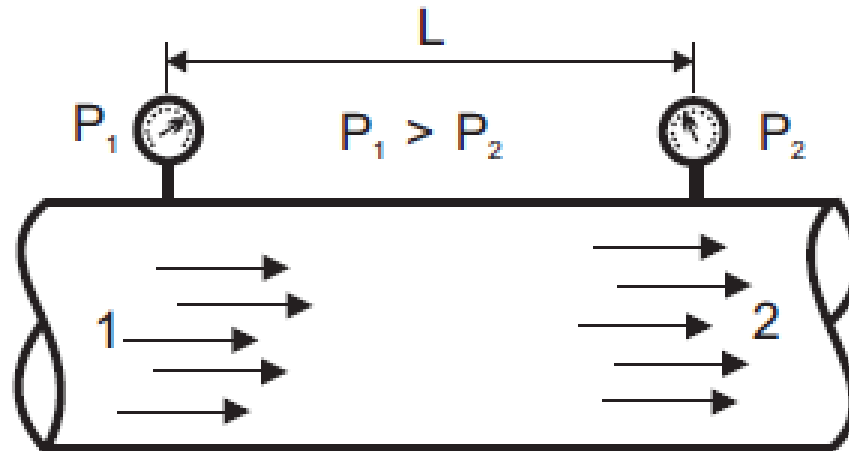
Perda de carga

- A perda de carga na instalação consiste na resistência oferecida pelas tubulações e acessórios (que são rugosos) ao escoamento do fluido(que é viscoso);



Perda de carga

- Pode ser:- Contínua: perda de carga nos trechos retos de canalizações.



Perda de carga

- Localizada ou acidental: perda de carga nos acessórios das tubulações.

(TUBULAÇÕES DE FERRO FUNDIDO E AÇO)
Comprimentos Equivalentes a Perdas Localizadas
(Em Metros de Canalização Retilínea)

DIÂMETRO D	Cotovelo 90° Raio Longo	Cotovelo 90° Raio Médio	Cotovelo 90° Raio Curto	Cotovelo 45°	Curva 90° $R/D = 1/2$	Curva 90° $R/D = 1$	Curva 45°	Entrada Normal	Entrada de Borda	Registro Cavete Aberto	Registro Globo Aberto	Registro Ângulo Aberto	TÊ Passagem Direta	TÊ Saída de Lado	TÊ Saída Bilateral	Válvula de Pa- e Crivo	Saída de Canali- zação	VÁLVULA DE RETENÇÃO	
																		Tipo Leve	Tipo Pesado
mm pol.																			
13 1/2	0,3	0,4	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2	0,4	0,1	4,9	2,6	0,3	1,0	1,0	3,6	0,4	1,1	1,6
19 3/4	0,4	0,6	0,7	0,3	0,3	0,4	0,2	0,2	0,5	0,1	6,7	3,6	0,4	1,4	1,4	5,6	0,5	1,6	2,4
25 1	0,5	0,7	0,8	0,4	0,3	0,5	0,2	0,3	0,7	0,2	8,2	4,6	0,5	1,7	1,7	7,3	0,7	2,1	3,2
32 1 1/4	0,7	0,9	1,1	0,5	0,4	0,6	0,3	0,4	0,9	0,2	11,3	5,6	0,7	2,3	2,3	10,0	0,9	2,7	4,0
38 1 1/2	0,9	1,1	1,3	0,6	0,5	0,7	0,3	0,5	1,0	0,3	13,4	6,7	0,9	2,8	2,8	11,6	1,0	3,2	4,5
50 2	1,1	1,4	1,7	0,8	0,6	0,9	0,4	0,7	1,5	0,4	17,4	8,3	1,1	3,5	3,5	14,0	1,3	4,2	6,4
63 2 1/2	1,3	1,7	2,0	0,9	0,8	1,0	0,5	0,9	1,9	0,4	21,0	10,0	1,3	4,3	4,3	17,0	1,9	5,2	8,1
75 3	1,6	2,1	2,5	1,2	1,0	1,3	0,6	1,1	2,2	0,5	26,0	13,0	1,6	5,2	5,2	20,0	2,2	6,3	9,7
100 4	2,1	2,8	3,4	1,5	1,3	1,6	0,7	1,6	3,2	0,7	34,0	17,0	2,1	6,7	6,7	23,0	3,2	8,4	12,9
125 5	2,7	3,7	4,2	1,9	1,6	2,1	0,9	2,0	4,0	0,9	43,0	21,0	2,7	8,4	8,4	30,0	4,0	10,4	16,1
150 6	3,4	4,3	4,9	2,3	1,9	2,5	1,1	2,5	5,0	1,1	51,0	26,0	3,4	10,0	10,0	36,0	5,0	12,5	19,3
200 8	4,3	5,5	6,4	3,0	2,4	3,3	1,5	3,3	6,0	1,4	67,0	34,0	4,3	13,0	13,0	52,0	6,0	16,0	25,0
250 10	5,5	6,7	7,9	3,8	3,0	4,1	1,8	4,3	7,5	1,7	83,0	43,0	5,5	16,0	16,0	63,0	7,5	20,0	32,0
300 12	6,1	7,9	9,3	4,6	3,6	4,8	2,2	5,3	9,0	2,1	102,0	51,0	6,1	19,0	19,0	78,0	9,0	24,0	36,0
350 14	7,2	9,5	10,5	5,3	4,4	5,4	2,5	6,2	11,0	2,4	120,0	60,0	7,3	22,0	22,0	90,0	11,0	28,0	43,0

A perda de carga de um



ø 20 mm

equivale
a

perda de carga de um tubo de



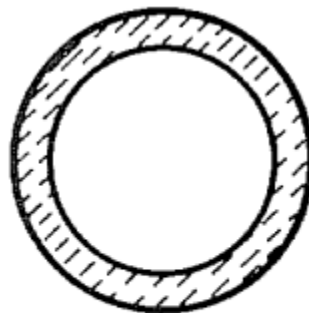
ø 20 mm

Perda de carga

- Influem de uma forma direta na perda de carga:
 - A natureza do fluido;
 - O estado superficial da parede e, portanto, o material de que é feito o tubo;
 - O diâmetro da tubulação;
 - A natureza do regime de escoamento (laminar ou turbulento);
 - O comprimento da tubulação;



Normal



Incrustação

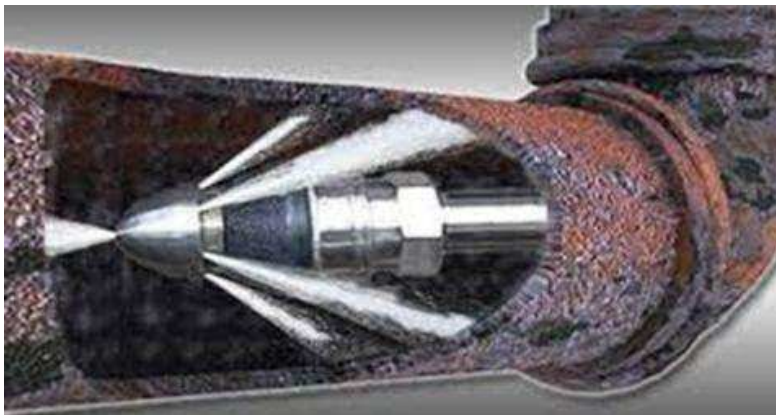


Tubérculos

Figura 5

Perda de carga

- Além desses fatores, podemos considerar ainda:-
 - O material empregado na fabricação do tubo;
 - O estado superficial (rugosidade) da parede é função do material empregado;
 - O processo de fabricação do tubo: um tubo sem costura oferece menos resistência do que um tubo com costura;
 - Existência de revestimentos especiais: são empregados visando eliminar ou minorar o efeito da corrosão;
 - O estado de conservação das paredes: um tubo que sofre uma limpeza periódica apresenta melhores condições.



Perda de carga contínua

Cálculo da Perda de carga contínua

- Uso conjugado da fórmula de Darcy-Weissbach Moody.

$$\Delta H = f \frac{L}{D} \frac{V^2}{2g}$$

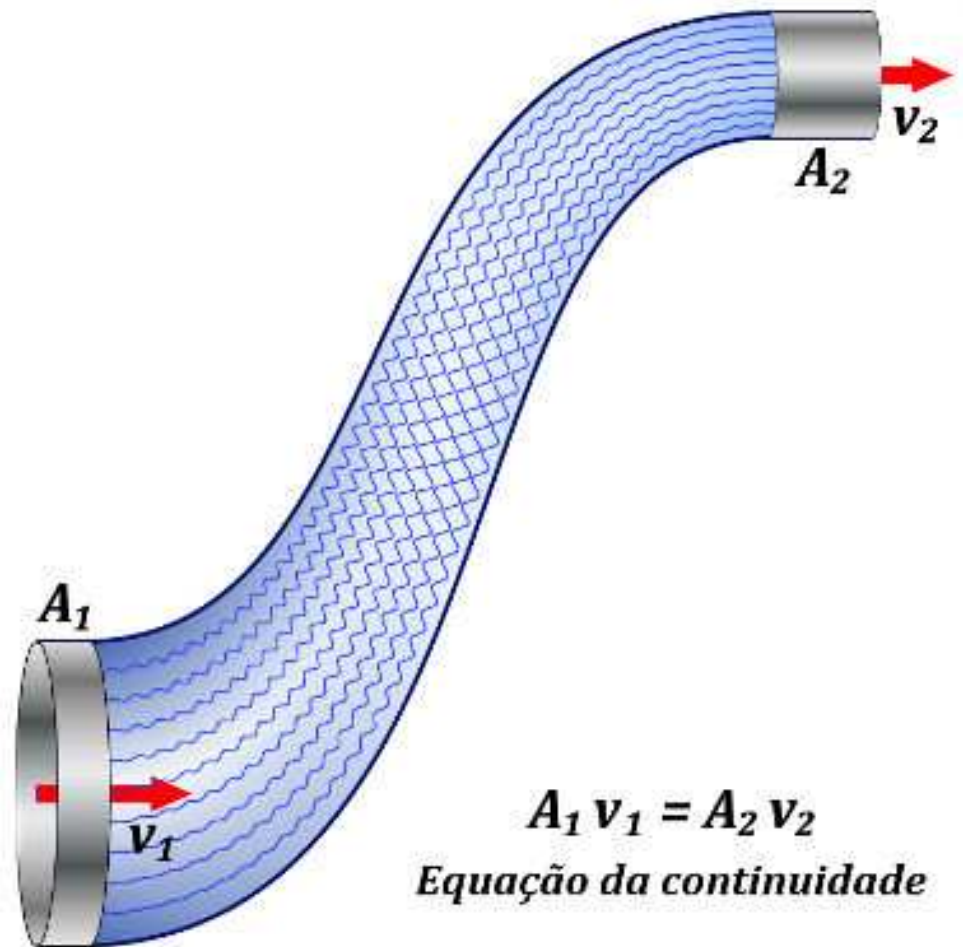
- ΔH : perda de carga, em m;
- L : comprimento do tubo, em m.
- D diâmetro do tubo, em m;
- f : coeficiente de atrito (coeficiente que depende do REGIME DE ESCOAMENTO (LAMINAR OU TURBULENTO) e da RUGOSIDADE RELATIVA DA PAREDE DO CONDUTO);
- g : aceleração da gravidade, em m/s^2 ; e
- V velocidade média de escoamento, em m/s .

Cálculo da Perda de carga contínua

- Esta velocidade média de escoamento, segundo a equação da continuidade aplicada a condutos circulares, é dada por:

$$Q = VA \therefore V = \frac{4Q}{\pi D^2}$$

- V : velocidade do fluido em m/s^2 ;
- Q : vazão volumétrica do fluido em m^3/s ;
- D : diâmetro da tubulação em m.



Cálculo da Perda de carga contínua

- Para determinação do coeficiente de atrito (f), devemos considerar:
- O escoamento é laminar ($Re < 2000$);
- Quando o escoamento for laminar, o coeficiente de atrito é dado diretamente por:

$$Re = \frac{\rho V D}{\mu} = \frac{V D}{\nu} \qquad f = \frac{64}{Re}$$

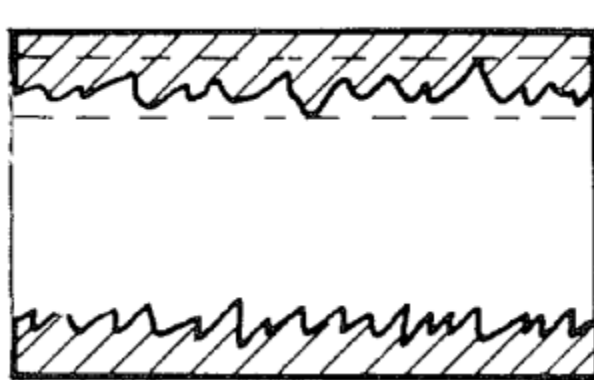
- Re : número adimensional de Reynolds;
- ρ : massa específica do fluido kg/m^3 ;
- V velocidade média de escoamento, em m/s ;
- D diâmetro do tubo, em m ;
- μ : viscosidade dinâmica do fluido: $\text{Pa}\cdot\text{s}$;
- ν : viscosidade cinemática do fluido: m^2/s

Cálculo da Perda de carga contínua

- O escoamento é turbulento ($Re > 4000$);
- Quando o escoamento for turbulento, o coeficiente de atrito f , além de ser função do regime de escoamento, depende também da rugosidade relativa da tubulação.;

$$\frac{\epsilon}{D} = \frac{K}{D}$$

- A título de informação: ϵ ou K - rugosidade absoluta



ϵ ou K — rugosidade absoluta

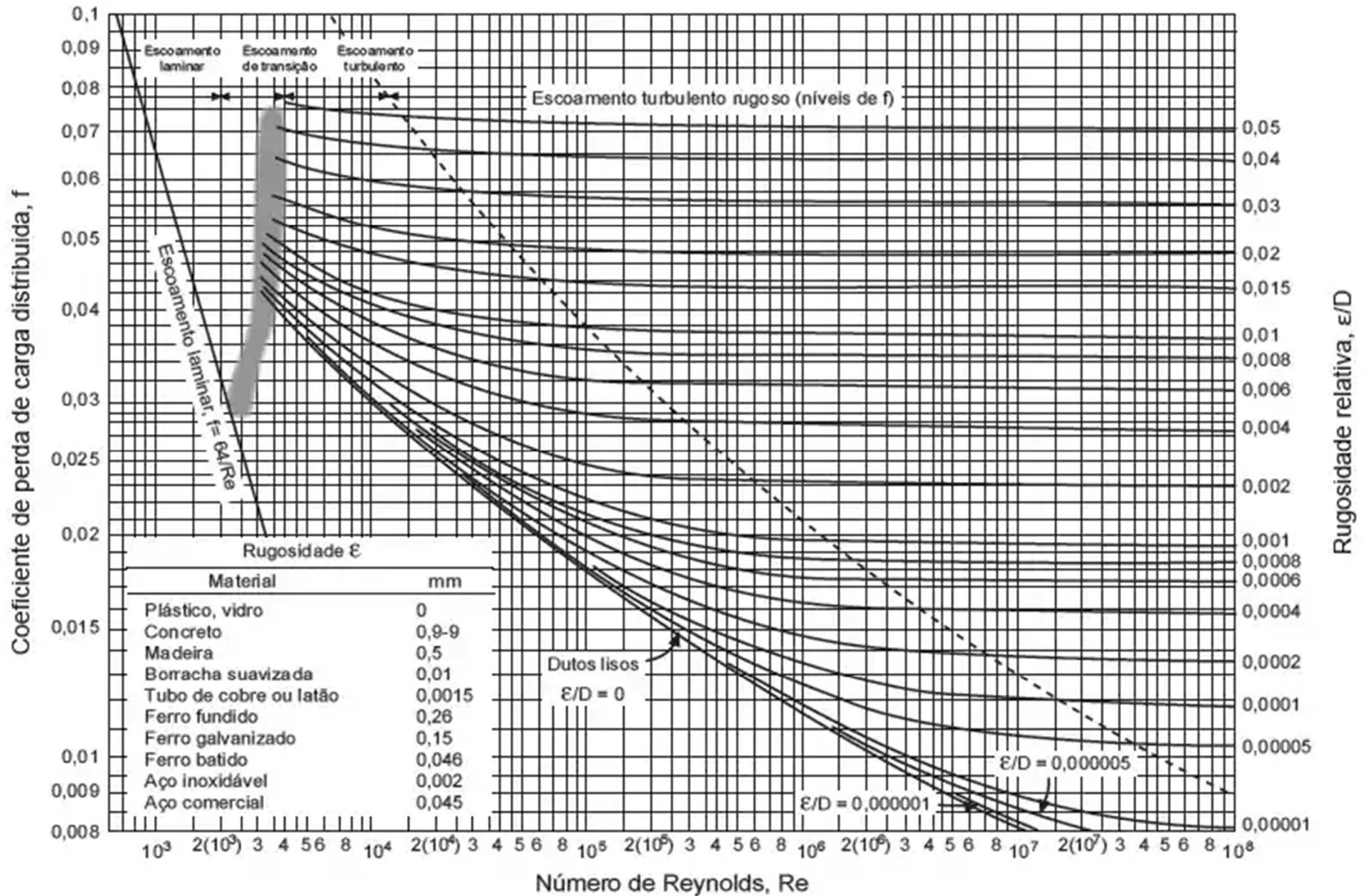
D — diâmetro nominal

$\frac{\epsilon}{D}$ ou $\frac{K}{D}$ — rugosidade relativa

Cálculo da Perda de carga contínua

RUGOSIDADE ABSOLUTA	
MATERIAL	K ou ϵ (em mm)
Ferro fundido novo	0,26 a 1,00
Aço galvanizado	0,15
Aço comercial	0,046
Cobre ou vidro <i>ou PVC</i>	0,0015
Aço laminado novo	0,0015
Concreto centrifugado	0,07
Cimento alisado	0,30 a 0,80
Ferro fundido asfaltado	0,12 a 0,26
Aço asfaltado	0,04
Aço soldado liso	0,10
Aço ribitado	0,04

Cálculo da Perda de carga contínua



Perda de carga localizada

Cálculo da Perda de carga localizada

- Método direto;
- A perda de carga pode ser calculada diretamente por:

$$\Delta H_l = K \frac{V^2}{2g}$$

- Onde:
 - ΔH_l : perda de carga localizada em m;
 - K : característica do acessório;
 - V velocidade média de escoamento, em m/s²; e
 - g : aceleração da gravidade, em m/s²; e
- A perda de carga global de todos os acessórios é então:

$$\Delta H_l = \left(\sum K \right) \frac{V^2}{2g}$$

Cálculo da Perda de carga localizada

PERDAS DE CARGA LOCALIZADAS

VALORES APROXIMADOS DE K

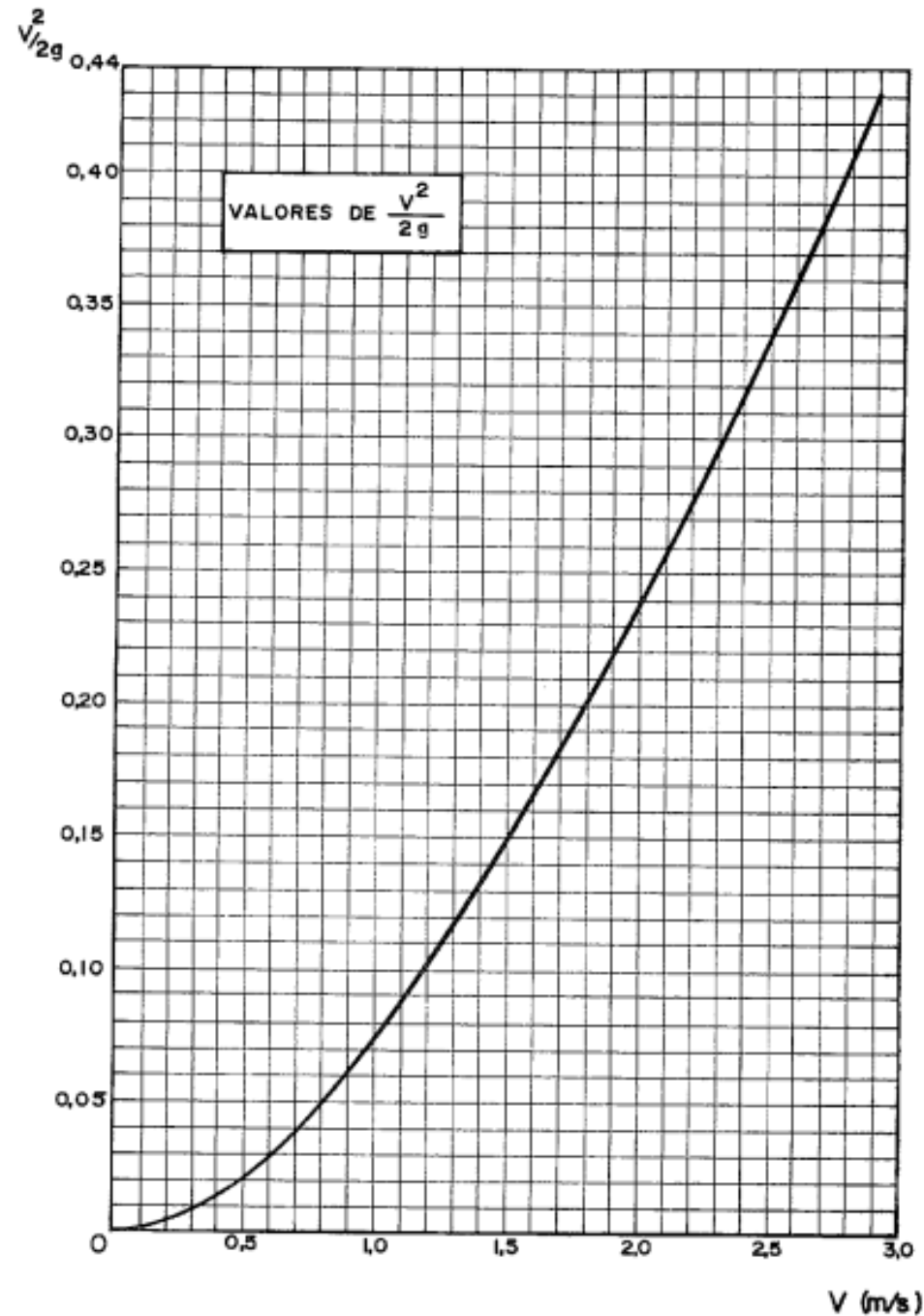
$$\Delta H = K \frac{V^2}{2g}$$

PEÇA	K	PEÇA	K
AMPLIAÇÃO GRADUAL	0,30*	JUNÇÃO	0,40
BOCAIS	2,75	MEDIDOR VENTURI	2,50**
COMPORTA ABERTA	1,00	REDUÇÃO GRADUAL	0,15*
CONTROLADOR DE VAZÃO	2,50	REGISTRO DE ÂNGULO ABERTO	5,00
COTOVELO DE 90°	0,90	REGISTRO DE GAVETA ABERTO	0,20
COTOVELO DE 45°	0,40	REGISTRO DE GLOBO ABERTO	10,00
GRIVO	0,75	SAÍDA DE CANALIZAÇÃO	1,00
CURVA DE 90°	0,40	TE PASSAGEM DIRETA	0,60
CURVA DE 45°	0,20	TE SAÍDA DE LADO	1,30
CURVA DE 22,5°	0,10	TE SAÍDA BILATERAL	1,80
ENTRADA NORMAL EM CANALIZAÇÃO	0,50	VÁLVULA DE PÉ	1,75
ENTRADA DE BORCA	1,00	VÁLVULA DE RETENÇÃO	2,50
EXISTÊNCIA DE PEQUENA DERIVAÇÃO	0,03	VELOCIDADE	1,00

* COM BASE NA VELOCIDADE MAIOR (SEÇÃO MENOR)

** RELATIVA A VELOCIDADE NA CANALIZAÇÃO

Cálculo da Perda de carga localizada



Bibliografia

Bibliografia

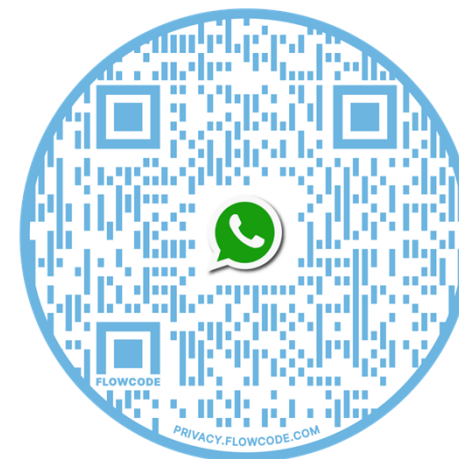
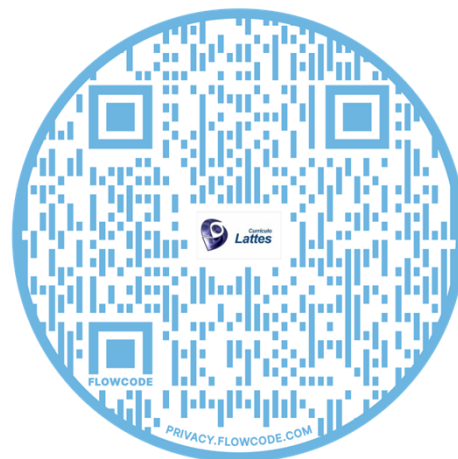
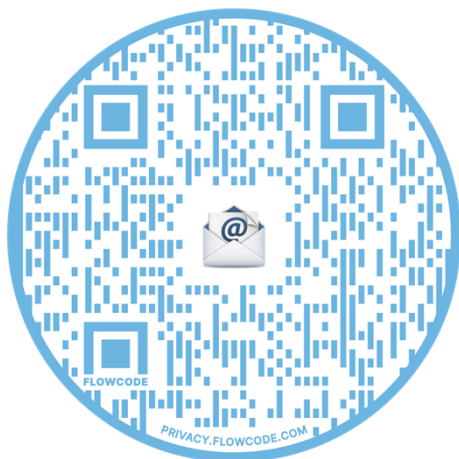
CARVALHO, Djalma Francisco. **Instalações elevatórias bombas**. Universidad Catolica Minas Gerais, 1979.

MACINTYRE, Archibald Joseph. Bombas e instalações de bombeamento. **Rio de Janeiro: Guanabara Dois**, 1982.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A.; BUESA, Ignacio Apraiz. termodinâmica. São Paulo: McGraw-Hill, 2006.

G. Van Wylen, C. Borgnakke, and R. E. Sonntag. Fundamentos da Termodinâmica. Editora Edigar Blucher, 8ª edição, 2013.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N.; BOETTNER, Daisie D. Princípios de termodinâmica para engenharia . Grupo Gen-LTC, 2000.



DSc. Eng. Samuel Moreira Duarte Santos

CREA 106478D

samuelfmoreira@id.uff.br

(21) 980031100

<https://www.linkedin.com/in/samuel-moreira-a3669824/>

<http://lattes.cnpq.br/8103816816128546>